NEM TELJESEN MEGBÍZHATÓ INFORMÁCIÓKAT HORDOZÓ DIALÓGUSOK ÉRTELMEZÉSE VÉGES ÁLLAPOTÚ SÚLYOZOTT AUTOMATÁK SEGÍTSÉGÉVEL

Dyekiss Emil Gergely

Bevezetés[1]

A klasszikus szemantikai elméletek szerint állítások csak igazak vagy hamisak lehetnek. Ezen lazít a parciális megközelítés, amely megengedi, hogy bizonyos kijelentő mondatoknak megfelelő formulákat igazságérték nélkülieknek tekintsünk (Ruzsa 1988). Más elméletek még tovább finomítják a felosztást igazságérték tekintetében. A finomítás során az eredeti elképzelés, miszerint az igazság a valóságnak való megfeleléstől függ, eltolódik más követelmények felé.

Hétköznapi dialógusainkban ritkán foglalkozunk az egyes állítások igazságértékének szigorú megítélésével. Sokkal inkább az állítások megbízhatósága befolyásolja a dialógus menetét. (Természetesen ezen kívül rengeteg más befolyásoló tényező van, mint például a beszélők szándékai, céljai.) Teljesen észrevétlenül ítéljük az egyik állítást megbízhatóbbnak a másiknál, vagy változtatjuk véleményünket egy állítás megbízhatóságáról. A megbízhatóságot számtalan tényező befolyásolja. Ezek közé tartozik a beszélő megbízhatóságának megítélése; a mód, ahogy és amennyire megértettünk egy mondatot; más állítások.

Cikkemben olyan dinamikus szemantikai elméletet[2] vázolok, amely képes kezelni az állításoknak megfelelő formulák megbízhatóságát. A kevésbé megbízható állítások megerősítését vagy elvetését (visszavonását) automatikus módszerrel is lehetővé teszi.

---

[1] Itt szeretném megköszönni minden hozzászólást a témámhoz, továbbá családom tagjainak azt, hogy időt biztosítottak számomra a cikkíráshoz. Külön köszönöm cikkem lektorának alapos munkáját és javaslatait, aminek eredményeképpen remélhetőleg mondandóm tartalmilag és formailag is színvonalasabb formát ölthetett.

[2] Dinamikus szemantikai rendszerekről összefoglaló: Kálmán–Rádai (2001).

Mindezt úgy, hogy az információs állapotokat nemdeterminisztikus, súlyozott véges állapotú automatákkal[3] és más véges struktúrákkal ábrázolja, lehetővé téve hatékony algoritmusok alkalmazását, illetve bizonyos állítások elfogadhatóságának megítélését.

1. A bizonytalanság és eredete

A diskurzusokban előforduló információs bizonytalanságokat egy egyszerű helyzettel mutatom be. Vasútállomáson várunk a vonatra, ahol hat vágány van. Halljuk a hangosbemondót, de egy közeli zajforrás elnyomja a szöveg egy részét (@ karakterek jelölik):

(1) – *A @@@dik vágányra szerelvény érkezik, a vágány mellett, kérem, vigyázzanak!*

Mivel nem értettük rendesen (bizonytalanok vagyunk benne, hogy a második, harmadik vagy hatodik vágányt említették, bár inkább a harmadikat véljük sejteni – de abban biztosak vagyunk, hogy nem az első, negyedik vagy ötödik vágányt), megkérdezzük barátainkat, akikkel együtt várakozunk, hogy hányadik vágányról volt szó. Egyikük, János, aki egyébként nagyon precíz és megbízható, azt mondja:

(2) – *Ha jól értettem, akkor a másodikról, de nem figyeltem rendesen.*

Másikuk, Feri, aki rendszeresen tréfálkozik mások rovására, nevetve toldja meg:

(3) – *A hatodik! Irány az aluljáró!*

Egy ismeretlen ember véletlenül meghallva beszélgetésünket, beleszól:

(4) – *A harmadik vágányra érkezik a vonat.*

1.1. A megértés bizonytalansága

Előfordul, hogy egy mondat egy részét nem értjük egészen. Jó esetben sejthetjük, hogy mi állhat ott. Így legalább egy, de akár több állítást is meg tudunk fogalmazni, amelyek egymás alternatívái, és amelyeket határozottan nem állíthatunk, de bizonytalanul igen.

A példadialógus (1) mondatának értelmezése után (részben világismeretre támaszkodva) a hallgató a következő alternatívákat fogalmazhatja meg:

[3] Az automatákról lásd Bach (2001) és Babcsányi (2007), valamint Eilenberg (1974). Kifejezetten súlyozott véges állapotú automatákról Hanneforth (2011).

$(\neg p_1 \wedge p_2 \wedge\neg p_3 \wedge\neg p_4 \wedge\neg p_5 \wedge\neg p_6) \vee (\neg p_1 \wedge\neg p_2 \wedge p_3 \wedge\neg p_4 \wedge\neg p_5 \wedge\neg p_6) \vee (\neg p_1 \wedge\neg p_2 \wedge\neg p_3 \wedge\neg p_4 \wedge\neg p_5 \wedge p_6)$, ahol p_i atomi formula az „A vonat az *i.* vágányra érkezik” állításnak felel meg.

A példa szerint nem is egyszerű „vagy”, hanem „kizáró vagy” kapcsolat kellene közéjük (mert csak az egyik teljesülhet egyszerre), ráadásul a három alternatívához külön-külön valószínűség is tartozik, vagyis az egyiket valószínűbbnek tartjuk, mint a másik kettőt.

Egy elméletnek, ami ezt a jelenséget modellezni szeretné, kezelnie kell az alternatívák egymáshoz viszonyított valószínűségét, és számot kell tudnia adni arról, hogy egy bizonytalan állítás miért jobb a szóba sem kerülő állításoknál (amelyek ennek az alternatívái lennének).

Ha nem értünk egy mondatot, megkérhetjük a beszélőt, ismételje meg. Így a megértésből fakadó bizonytalanságot ki tudjuk küszöbölni.[4] Egy modell erről is számot adhat.

1.2. A beszélő ismereteinek bizonytalansága[5]

A mintapárbeszéd (2) mondatában a beszélő jelzi, hogy legjobb tudása szerint beszél, de van benne némi bizonytalanság (hogy miért, számunkra tulajdonképpen mindegy). Ideális esetben egy elmélet ezt a fajta bizonytalanságot is modellezi. Jó esetben ennek mértékét is kezeli.

Ezt a fajta bizonytalanságot a beszélő később tudja módosítani, ha reflektál a bizonytalanságára és vagy megerősíti, vagy visszavonja mondandóját.

1.3. A beszélő megbízhatósága

Mindenkinek lehet olyan ismerőse, akinek nem minden szava hihető – mert előfordul, hogy valótlant állít, vagy mert valós dolgokról beszél, de egy kicsit „kiszínezve” vagy szándékosan torzítva. Az ő állításait nem minden ok nélkül időnként kétkedéssel fogadhatjuk (lehet, hogy nem mindig, de ismerjük azokat a szituációkat, amikor jobb óvatosnak lennünk). Ez nem jelenti azt, hogy nem törődünk azzal, amit mond, vagy mindig minden állítását kétségbe vonjuk, de annyit mindenképpen, hogy nem vagyunk biztosak benne, hogy az állítása igaz.

Ha teljesen leegyszerűsítjük ezt a tényezőt, akkor minden egyes beszélőhöz egy megbízhatósági értéket rendelhetünk. Ha finomítjuk az elemzést,

---

[4] Köszönöm cikkem lektorának, hogy a bizonytalanságok kiküszöbölésének lehetősége/módja közötti különbségekre rávilágított.

[5] Cikkem névtelen lektora hívta fel figyelmemet, hogy érdemes lenne a bizonytalanság szándékolt kifejezésével is foglalkozni.

akkor ezt az értéket időfüggőnek, sőt, szituációfüggőnek tekinthetjük. Ennek a modellezése már bonyolultabb eszközöket igényel.

Ha szeretnénk figyelembe venni ezt a tényezőt, akkor tekinthetjük ezt a függvényt ismeretlennek, mert magát a függvényt nem szeretnénk modellezni, de feltételezzük egy dialógus hallgatójáról, hogy egy mondat elhangzásakor tisztában van vele, hogy a beszélő éppen milyen megbízhatósági állapotban van, mennyire kell komolyan venni a szavát.

1.4. Egyszerűsítések

Az előző két alfejezetben leírt eseteket ebben a cikkben nem kívánom nagyon finoman modellezni. Összevonom őket, és az időbeli függést sem veszem figyelembe. Így a beszélő megbízhatósága és a beszélő ismereteinek megbízhatósága helyett egy összevont, a kijelentés megtételére vonatkozó megbízhatósággal számolok csak. Ettől megkülönböztetem a megértés bizonytalanságát, és ezt a két bizonytalansági értéket fogom csak használni.

1.5. A megbízhatósági érték értelmezése

A technikai részletek előtt érdemes kicsit foglalkozni a bizonytalanság értelmezésével.

Az eddig felhozott modellezendő jelenségek arról szóltak, hogy a valóság ismeretében van a bizonytalanság, nem pedig magában a valóságban. Feltételezzük, hogy a beszélő az általa hitt valóság egyértelmű állapotát próbálja közölni velünk, csak éppen a hallgató számára még nem egyértelmű, hogy ez milyen. Többrésztvevős dialógus esetén is egyetlen állapotot feltételezünk, amiről beszélünk. Ez a hagyományos lehetségesvilág-szemantikák szemlélete, egy valószínűségi jellegű megközelítés. Különbözik a *fuzzy* logikától, amiben nem arról van szó, hogy nem tudjuk valamikről, hogy melyik halmaz elemei. A *fuzzy* logikában tudjuk, hogy mi mely halmaznak eleme, de a halmazhoz tartozás nem egyszerűen igaz-hamis reláció, hanem mértéke van.

2. Modellhalmazokat felismerő automaták

Korábbi cikkemben (Dyekiss 2012) leírtam egy olyan elméletet, amely modellhalmazokat felismerő véges állapotú automatákkal modellezi az információs állapotokat.[6] Most ezt az elméletet módosítom, de nem feltételezem az eredeti cikk ismeretét, mert ahhoz képest a részletek túl sok módosítást tartalmaznak.

Az alap egy kijelentéslogikai rendszer (negáció, konjunkció és diszjunkció műveletekkel). A nemlogikai konstansok halmazának elemei sorba rendezhetők, p_i-vel jelöljük őket, ahol i nemnegatív egész szám és p sorszáma. Így a kijelentéslogikai rendszer egy modellje, melyben adott az egyes konstansok értékelése, kódolható egy 0 és 1 számjegyekből álló sorozattal, ahol az i. számjegy megadja, hogy p_i-t a modell igazra (1) vagy hamisra (0) értékeli.

A dinamikus szemantikai elmélet információs állapotai olyan véges állapotú automaták, melyek a modellkódokat olvassák, és ez alapján a modellt elfogadják vagy sem. Megadom ennek az elméletnek egy módosított változatát is, amely táblázatos formában ábrázolja az információs állapotokat – ezekből a táblázatokból egyszerű algoritmussal megkaphatók a modellkódokat elfogadó automaták is – ráadásul a táblázatos ábrázolás lehetőséget ad a diskurzus történetének megőrzésére és a visszavonás művelet meghatározására.

Mielőtt a pontosabb definíciókba kezdek, megpróbálom bemutatni a lényeget néhány példával. (A példáknál az automata ellenőrzését mindig kevés számú nemlogikai konstanssal végzem, de az automaták valójában végtelen számúhoz készültek.)

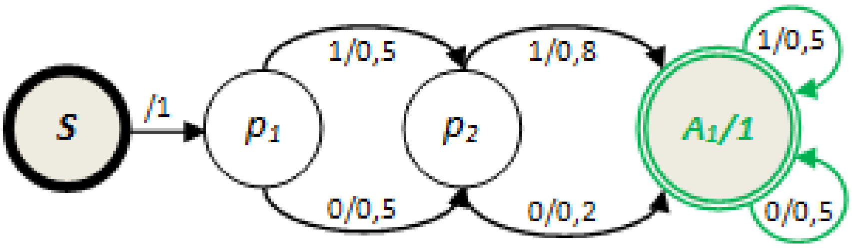
Felmerülhet a kérdés, hogy amit bemutatok, ténylegesen egy szemantikai elmélet-e vagy csak egy reprezentációs eszköz a diskurzus formulasorozata számára. Azért gondolom, hogy nem csak egy reprezentációs eszközről van szó, mert ugyanaz az automata több különböző formula hatására is megkapható. Nem tudunk egy az egyhez megfeleltetést megadni, ráadásul nem a formulákat képezzük le, hanem azoknak csak a hatását látjuk az információs állapotok változásában.

Hozzá kell tennem, hogy az automaták és a valószínűségi értelmezés akkor működnek elvárásainknak megfelelően, ha az egyes nemlogikai konstansok, az atomi formulák egymástól függetlenek. Ha már az együttes előfordulásaikban szabályszerűségek fedezhetők fel, akkor a súlyokkal mint valószínűségi értékekkel másképpen kellene számolni, mint a példáimban.

[6] Ebben a témában kaptam kritikát témavezetőmtől (Kálmán László), mert a modellhalmazokat elfogadó automatákat a végtelen halmazok kiküszöbölése miatt vezetem be – miközben az automaták működéséhez előfeltételezem ezeknek a végtelen halmazoknak a sorba rendezését. A kritika jogos, de azért folytatom ennek az elméletnek a bővítését, mert bízom benne, hogy talán a módosított elmélet nyomán egy későbbi ötlet, megjegyzés, kritika hatására el tudok jutni egy olyan modellhez, ami ténylegesen véges alapú lesz.

2.1. Egyszerű kijelentés, amit nem értettünk teljesen biztosan

Legyen a kijelentés formálisan p_2. Tegyük fel, hogy viszonylag biztosak vagyunk benne, hogy jól értettük, 80% eséllyel tartjuk p_2-t igaznak. A hozzá tartozó automata (1. ábra) számára mindegy, hogy a modellkód 1-el, vagy 0-val kezdődik, de 80% eséllyel el fogja fogadni azokat a modellkódokat, amelyek p_2-t igazra értékelik.



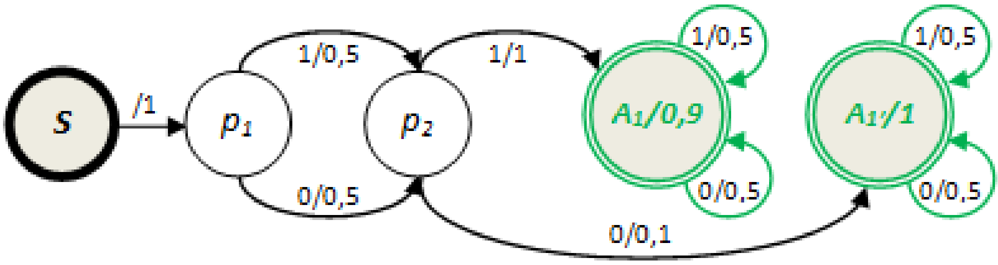
1. ábra: p_2 bizonytalanul állítva – automatás ábrázolással

Nézzük, hogy tényleg az elvárásnak megfelelően működik-e az automata. Tegyük fel, hogy három nemlogikai konstansunk van: p_1...p_3. (Elég lehetne az első kettő is, de lehetne több is – ez nem változtatna a lényegen.) Így nyolc modellkódot lehet elképzelni: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111. Ebből négy tartozik olyan modellhez, ami p_2-t igazra értékeli (ahol a középső számjegy 1). Ha az ezekhez tartozó súlyokat kiszámoljuk, egyenként 1*0,5*0,8*0,5*1 = 0,2 lesz, ami összesen 4*0,2 = 0,8. A p_2-t hamisra értékelő modellek kódjainak súlya egyenként 1*0,5*0,2*0,5*1 = 0,05 vagyis összesen 4*0,05 = 0,2. Az összes modellkódhoz tartozó súlyok összege 1, ami megfelel a valószínűségi értelmezésnek.

Ez tényleg azt mutatja, hogy p_2 valószínűsége 80% ($\neg p_2$-é pedig 20%).

2.2. Egyszerű kijelentés, nem teljesen megbízható beszélőtől

Maradjunk p_2-nél. Biztosak vagyunk benne, hogy jól értettük, amit mondott a beszélő, de nem bízunk benne teljesen, a beszélő kijelentésének megbízhatóságát 0,9-re becsüljük. Így 90% az esély arra, hogy p_2-t igazra értékeli egy modell.



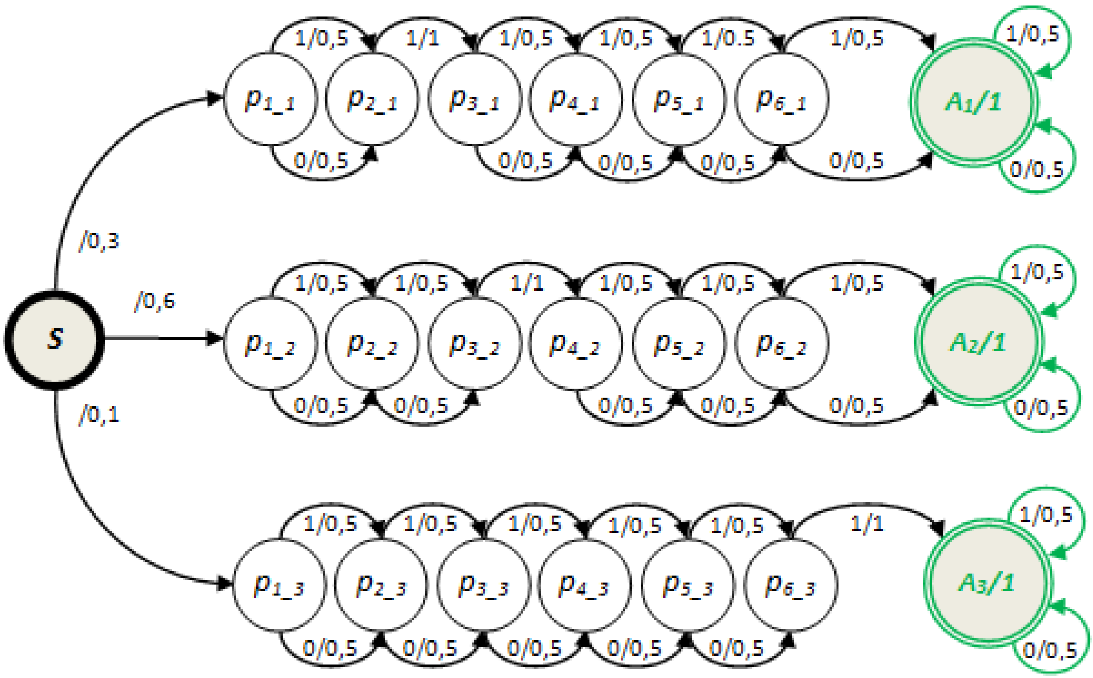
2. ábra: p_2 nem teljesen megbízható beszélőtől – automatás ábrázolással

Az ellenőrzésnél számoljunk három nemlogikai konstanssal. Most a p_2-t igazra értékelő modellek kódjainak súlya egyenként 1*0,5*1*0,5*0,9 = 0,225, összesen 4*0,225 = 0,9. A p_2-t hamisra értékelőké egyenként 1*0,5*0,1*0,5*1 = 0,025; összesen 0,025*4 = 0,1. Ha mindet összeadjuk, az eredmény 1. Mind megfelel az elvárásomnak.

Észrevehetjük, hogy az automata átalakítható lenne úgy, hogy a p_2 állapotból 1/0,9 átmenet legyen A_1-be, aminek az elfogadáshoz tartozó súlya 1 lenne, továbbá az $A_{1'}$ állapot megszűnne, helyette a p_2 állapotból 0/0,1 vinne A_1-be. Ez azt is jelentheti, hogy a megértési és a beszélő megbízhatóságához tartozó súlyt nem biztos, hogy érdemes külön kezelni. Ha nem találunk érvet a különböző kezelési módra, akkor érdemes összevonni őket.

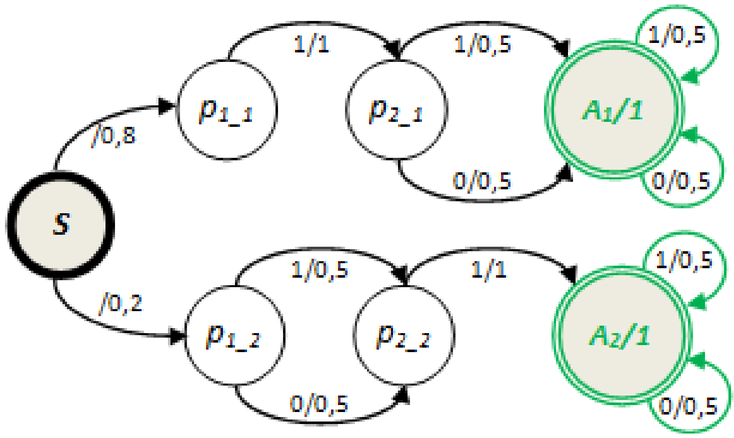
2.3. Alternatív elemzések

A példadialógus alapján a megértés bizonytalanságáról szóló fejezet alternatívákat említ, melyek különböző bizonyossággal jelennek meg a hallgató számára. Az így előállt információs állapotot nem diszjunkcióval, nem is „kizáró vagy”-gyal, hanem egy ettől kicsit eltérő elemzéssel modellezem. Más az, amikor két bizonytalan állítást teszek „vagy” kapcsolatba, mint amikor két határozott állítást teszek alternatíva relációba – értve ez alatt azt, hogy a megértésükben vagyok bizonytalan, de a valószínűségükről van valamilyen elképzelésem (a későbbiekben / jellel fogom jelölni ezt az operátort).



3. ábra: Dialógusrészlet modellezése alternatíva relációval

Ez az ábra túl sok elemet tartalmaz ahhoz, hogy egyszerűen bemutassam, milyen valószínűségeket rendel egyes modellkódokhoz. Ezért egy egyszerűbb példán mutatom be:

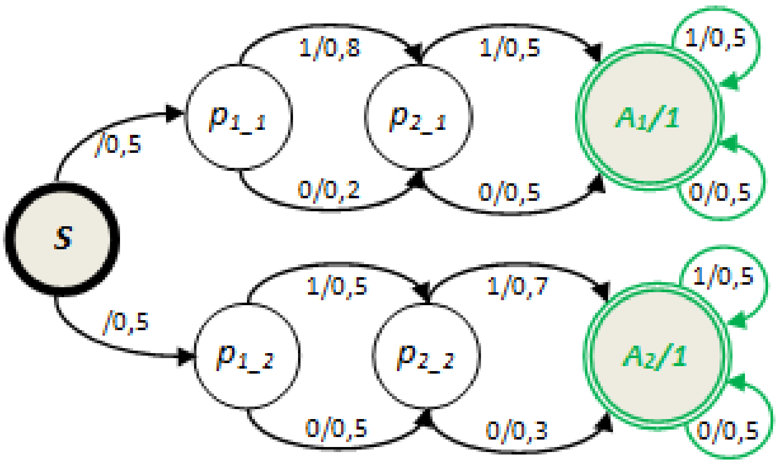


4. ábra: p_1 / p_2 automatája

Az egyszerűség kedvéért csak két nemlogikai konstanssal számolok. P(p_1p_2) = P(11) = 0,8*1*0,5*1 + 0,2*0,5*1*1 = 0,4 + 0,1 = 0,5. P($p_1\neg p_2$) = P(10) = 0,8*1*0,5*1 + 0,2*0,5*0*1 = 0,4. Így p_1-et igazra értékelő modellkódok valószínűsége összesen 0,9. P($\neg p_1p_2$) = P(01) = 0,8*0*0,5*1 + 0,2*0,5*1*1 = 0,1. P($\neg p_1\neg p_2$) = P(00) = 0,8*0*0,5*1 + 0,2*0,5*0*1 = 0. Ezek, vagyis a p_1-et hamisra értékelő modellek valószínűségeinek az összege 0,1. Ellenőrzés: 0,9 + 0,1 = 1.

2.4. Diszjunkció

Nézzük, hogyan nézne ki egy automata, ami ($p_1 \vee p_2$)-nek felel meg, ahol sem p_1-et, sem p_2-t nem értettük biztosan.



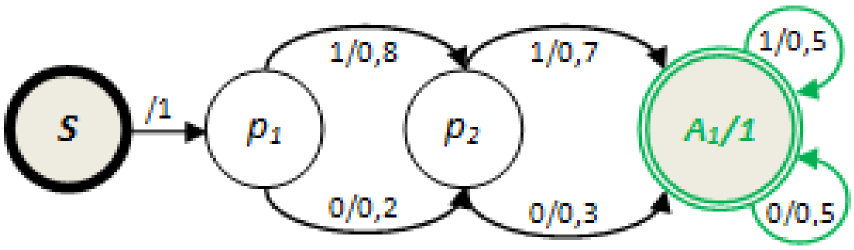
5. ábra: ($p_1 \vee p_2$) automatája

Ha kiértékeljük a valószínűségeket (összehasonlítandó az alternatíva reláció eredményeivel), akkor a következőket kapjuk, ha szintén csak két nemlogikai konstanssal számolok: P(p_1p_2) = P(11) = 0,5*0,8*05*1 + 0.5*0,5*0,7*1 = 0,2 + 0,175 = 0,375. P($p_1\neg p_2$) = P(10) = 0,5*0,8*0,5*1 + 0,5*0,5*0,3*1 = 0,2 + 0,075 = 0,275. Így p_1-et igazra értékelő modellkódok valószínűsége összesen 0,65. P($\neg p_1p_2$) = P(01) = 0,5*0,2*0,5*1 + 0,5*0,5*0,7*1 = 0,05 + 0,175 = 0,225. P($\neg p_1\neg p_2$) = P(00) = 0,5*0,2*0,5*1 + 0,5*0,5*0,3*1 = 0,05 + 0,075 = 0,125. Ezek, vagyis a p_1-et hamisra értékelő modellek valószínűségeinek az összege 0,35. Ellenőrzés: 0,65 + 0,35 = 1.

Itt is a p_1-et és p_2-t is igazra értékelő (vagyis az „11”) modellkód a legvalószínűbb, de teljesen más értékkel, mint az alternatíva relációnál.

2.5. Konjunkció

Nézzünk egy egyszerű példát, ahol két bizonytalan értelmezésű kijelentés konjunkciójához tartozó automatát láthatunk.

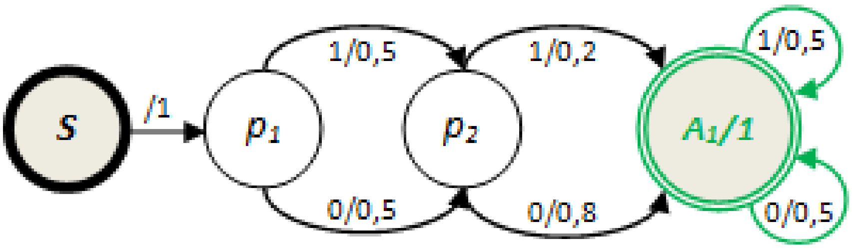


6. ábra: ($p_1 \wedge p_2$) automatája

Kiértékelése: P(p_1p_2) = P(11) = 1*0,8*0,7*1 = 0,56. P($p_1\neg p_2$) = P(10) = 1*0,8*0,3*1 = 0,24. A p_1-et igazra értékelő modellkódok valószínűsége összesen 0,8. P($\neg p_1p_2$) = P(01) = 1*0,2*0,7*1 = 0,14. P($\neg p_1\neg p_2$) = P(00) = 1*0,2*0,3*1 = 0,06. A p_1-et hamisra értékelő modellek valószínűségeinek az összege 0,2. Ellenőrzés: 0,8 + 0,2 = 1. Annak a modellnek a valószínűsége, amely p_1-et és p_2-t is igazra értékeli, 0,56 – ez a legvalószínűbb eset. Ennél jóval kisebb azok valószínűsége, amely egyiküket hamisra értékeli. Ami pedig mindkettőt hamisra értékeli, az csak 0,06, vagyis meglehetősen alacsony, de mivel bizonytalanul értett állítások konjunkciójáról van szó, mégsem 0. Mindez összhangban van az elvárásaimmal.

2.6. Negáció

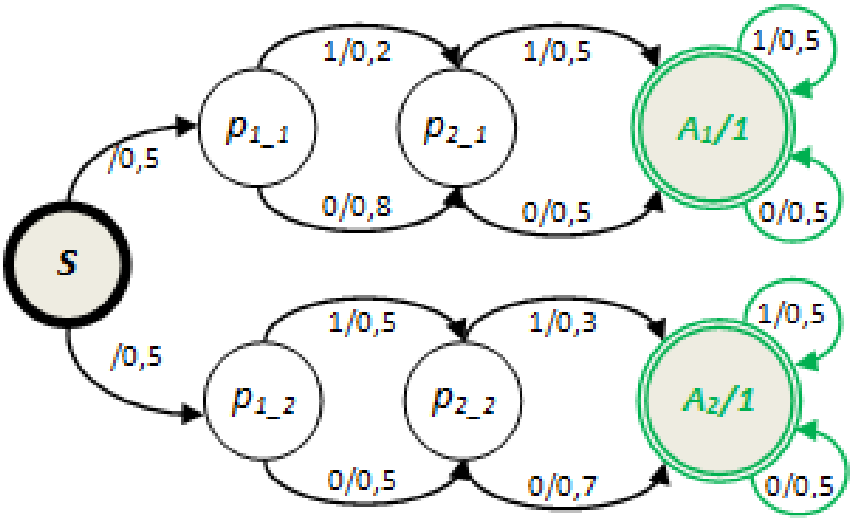
Nézzük egy atomi formula tagadását az 1. ábra nyomán.



7. ábra: $\neg p_2$ bizonytalan megértéssel

A változás az eredeti állítás automatájához képest: a 0,2 és 0,8 súlyok felcserélődtek. Ha ezek helyett 0 és 1 értékekkel számolunk, akkor a bizonytalanság nélküli esetet kapjuk, a valószínűségi értékek azt mutatják, hogy az automata megfelel a negáció követelményeinek. A nem egész súlyok esetében is megfelel az intuíciómnak.

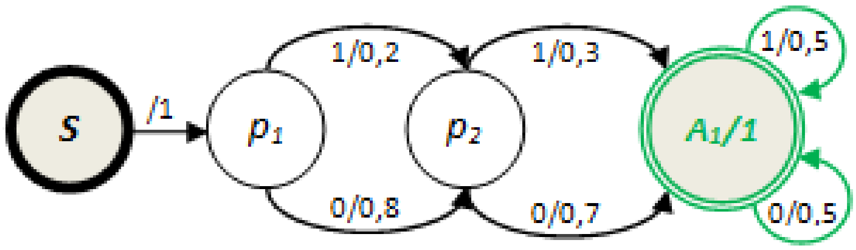
Fontos megnézni ennél összetettebb eseteket is a tagadás bemutatásához. Negáció hatása konjunktív formula automatájára:



8. ábra: Tagadott konjunktív formula $\neg(p_1 \wedge p_2)$ automatája

Az automatával kapcsolatos számítások: P(p_1p_2) = P(11) = 0,5*0,2*0,5*1 + 0,5*0,5*0,3*1 = 0,05 + 0,075 = 0,125 (bizonytalanság nélkül 0). P($p_1\neg p_2$) = P(10) = 0,5*0,2*0,5*1 + 0,5*0,5*0,7*1 = 0,05 + 0,175 = 0,225 (bizonytalanság nélkül 0,25). P($\neg p_1p_2$) = P(01) = 0,5*0,8*0,5*1 + 0,5*0,5*0,3*1 = 0,2 + 0,075 = 0,275 (bizonytalanság nélkül 0,25). P($\neg p_1\neg p_2$) = P(00) = 0,5*0,8*0,5*1 + 0,5*0,5*0,7*1 = 0,2 + 0,175 = 0,375 (bizonytalanság nélkül 0,5). Az összeg 1, ahogy annak lennie kell.

Ha a bizonytalanságokat kiküszöböljük az automatából (0,2 és 0,3 helyett 0; 0,8 és 0,7 helyett 1), akkor láthatjuk, hogy a $(\neg p_1 \wedge \neg p_2)$ formula automatáját kaptuk, vagyis egy *de Morgan*-azonosság jelent meg. Felmerül a kérdés, hogy miért ilyennek kell lennie egy tagadott konjunktív formula automatájának. A válasz egyszerű: így jönnek ki azok a valószínűségi értékek, amelyek a logikai kapcsolatok viselkedésének felelnek meg. Meg kell nézni egy tagadott konjunktív formula automatáját is.



9. ábra: Tagadott diszjunktív formula ¬($p_1 \vee p_2$) automatája

Az előzőhöz hasonlóan itt is egy *de Morgan*-azonosság fedezhető fel (legkönnyebb akkor észrevenni, ha a 0,2 és 0,3 értékeket 0-ra, a 0,8 és 0,7 értékeket 1-re cseréljük, vagyis bizonytalanság nélkül számolunk). Az ok szintén az, hogy így jönnek ki a megfelelő valószínűségek. Vagyis:

P(p_1p_2) = P(11) = 1*0,2*0,3*1 = 0,06 (bizonytalanság nélkül 0).
P($p_1\neg p_2$) = P(10) = 1*0,2*0,7*1 = 0,14 (bizonytalanság nélkül 0).
P($\neg p_1p_2$) = P(01) = 1*0,8*0,3*1 = 0,24 (bizonytalanság nélkül 0).
P($\neg p_1\neg p_2$) = P(00) = 1*0,8*0,7*1 = 0,56 (bizonytalanság nélkül 1).

3. Elvárások a megbízhatósági értékkel kapcsolatban

Miután igyekeztem megvilágítani, hogy a megbízhatóság honnan származik, hogyan jelenik meg, hogyan lehet számolni vele az információs állapotokat megjelenítő automatákban, most néhány szempontot sorolok fel, amelyekről számot szeretnék adni.

3.1. Ellentmondások léteznek

Előfordul, hogy egy beszélő saját magának, korábbi állításának ellentmondva nyilatkozik. (Az ellentmondás még valószínűbb, ha több résztvevője van a dialógusnak.)

Ha egy dialógus két teljesen megbízható kijelentést tartalmaz, melyek egymás tagadásai, akkor ez kielégíthetetlen helyzetet kell, hogy eredményezzen.

3.2. Ugyanazon kijelentés többször, különböző megbízhatósági értékkel

Ha egy dialógusban elhangzik ugyanaz a kijelentés többször is, de különböző megbízhatósági értékkel, akkor feltételezem, hogy a legnagyobb megbízhatósági értékkel kell figyelembe venni. Ugyanis egy megbízhatatlan beszélő nem ronthatja le a megbízható beszélőtől származó információ erősségét, de egy beszélő (korábbi) kisebb bizonyossággal tett kijelentése sem bizonytalaníthatja el a nagy bizonyossággal tett (esetleg későbbi) kijelentését.

Felmerülhet, hogy egy kijelentés, melyet két beszélő is állít viszonylag biztosan, de különböző megbízhatósággal, esetleg még annál is nagyobb bizonyosságot ad a kijelentésnek, mint amekkora a két megbízhatósági érték közül a nagyobb.

Nem vagyok biztos benne, hogy ennek minden következménye elfogadható, de mindenesetre érdemes átgondolni ezt a helyzetet. Véleményem szerint nem mindegy, hogy a beszélők információja honnét származik. Ha ugyanaz a forrásuk, akkor egymástól nem függetlenek, nem erősítik meg egymást (hiába olvasta sok ember ugyanazt a „kacsát" egy hírportálon, nem kell komolyan vennünk). Ha különböző forrásból származó információk, akkor már érdemes elgondolkodni azon, hogy tényleg megerősítik-e egymást. Ennek követésére már komolyabb elméletre van szükség, és ha definiálni is tudjuk az ehhez szükséges struktúrákat, nem biztos, hogy a gyakorlatban rendelkezésünkre állnak a szükséges adatok.

Vegyük a következő helyzetet: sok ember viszonylag bizonytalanul állítja ugyanazt. Ha csak egyvalaki állítja, nem biztos, hogy komolyan foglalkozunk vele. Ha ketten, már komolyabban vesszük. Ha nagyon sokan vannak, a gyakorlatban tényleg komolyan szoktuk venni az állítást. Ez elárul valamit az emberi viselkedésről, de nem biztos, hogy ez az információk kezelésének racionális módja. Azt gondolom, hogy érdemesebb inkább arra az egy emberre hallgatni, akinek megbízhatóbb információi vannak – akkor is, ha egyedül van.

4. Dialógusból automata

Ebben a fejezetben megadom, hogyan lehet egy dialógus alapján az ezt modellező automatát elkészíteni. Ehhez megadom a formális rendszer elemeit, definiálom a táblázatos ábrázolásmódot, ami tárolni tudja a dialógussal kapcsolatos információinkat (az automata átmeneteihez tartozó súlyokat és még néhány többletinformációt), és megadok egy algoritmust, amely segítségével a táblázatban tárolt adatokból elkészíthető a megfelelő automata.

4.1. A megbízhatóság formális ábrázolása

A megbízhatósági értéket egy 0 és 1 közötti számként fogom ábrázolni a továbbiakban. 0 jelenti a teljesen megbízhatatlan információt (amit valójában számításba sem kell venni), 1 pedig a teljesen megbízható információt, amiben semmilyen bizonytalanság nincs. A megértési bizonytalanság esetében ezt az értéket a [0,5; 1] intervallumra képezzük le, hogy megkapjuk egy átmenet súlyát az automatában (a teljesen megbízhatatlan állítás súlya 0,5, mert nem tudjuk, hogy igaz-e vagy hamis).

4.2. Szintaxis, modellek, információs állapot

Egy kijelentéslogikai rendszert adunk meg.

A nulladrendű kijelentéslogika nyelve: $L_0 =_{\text{def}}$ <**LK**, **NLK**, **F**>, ahol **LK** $=_{\text{def}}$ <(,), ¬, ∧, ∨> a logikai konstansok halmaza (zárójelek, negáció, konjunkció, diszjunkció jelei); **NLK** $=_{\text{def}}$ { p_i: $i \in$ $\mathbf{Z}^+$ és $p_1 \in$ **NLK,** és nincs olyan $1 < j \in$ $\mathbf{Z}^+$, hogy ha $p_j \in$ **NLK**, akkor $p_{j-1} \notin$ **NLK** } a nemlogikai konstansok halmaza, elemei propozícióknak felelnek meg (**NLK** elemei p_i-k, ahol i 1-től folyamatosan egyesével növekszik akár a végtelenségig, $\mathbf{Z}^+$-szal a pozitív egész számok halmazát jelölöm); **F** a formulák halmaza ($p \in$ **F**; $\neg A \in$ **F**; $(A \wedge B) \in$ **F**; $(A \vee B) \in$ **F**; ha A, $B \in$ **F** és $p \in$ **NLK**).

Nulladrendű nyelvek modelljei: Az $M =_{\text{def}} \langle I, H, IP \rangle$ rendezett hármas akkor és csak akkor modell az L_0 nyelvhez, ha $I \cap H = \emptyset$ és $I \cup H \neq \emptyset$ (az I az igaz, a H a hamis tényállások halmaza; uniójukat U-val jelöljük, ez a modell univerzuma), és az IP interpretációs függvényre pedig a következő teljesül: ha $p \in$ **NLK** akkor $IP(p) \in U$. A modellekhez ***modellkód***okat rendelünk: a {0; 1} halmaz elemeiből alkotott sorozat, melynek i. eleme 0, ha p_i-t hamisra; 1, ha p_i-t igazra értékeli.

Az ***információs állapotok*** olyan súlyozott véges állapotú automaták (a valószínűségi félgyűrű fölött), ahol az ábécé: {0; 1}, a kezdő súly 1, a súlyértékek a valós számok [0; 1] intervallumából kerülnek ki. Ezen belül a táblázatos ábrázolásmód leírása és a táblázatokból automatákat generáló algoritmus határozza meg a részleteket. Az automaták a modellkódokat fogadják el vagy utasítják el.

4.3. Táblázatos ábrázolásmód

Kezdetben üres táblázatunk van, melynek négy oszlopa van, de nincs „tartalmas” sora, csak „fejléce”. Jelöljük T_0-val. A 10. ábrán látható.

Sorszám	Él?	Ős	Súly

10. ábra: A diskurzuskezdő táblázat (T_0)

4.3.1. Atomi formula (p_i) hatása a táblázatra

Oszlopok módosítása

Ha a táblázatnak már van olyan oszlopa, melynek fejlécében p_i szerepel (korábban már volt p_i-re vagy nála nagyobb indexű elemi tényállításra vonatkozó információ), akkor nincs teendő az oszlopokkal. (A kiinduló táblázatnak semmilyen p_i-hez nincs ilyen oszlopa.)

Ha a táblázatnak még nincs olyan oszlopa, melynek fejlécében p_i szerepel, akkor ki kell bővíteni a táblázatot úgy, hogy p_1-től kezdve p_i-ig minden elemi tényállításnak legyen oszlopa (sorban, az első négy oszlop után, folyamatosan egyesével növekvő indexű elemi tényállításokhoz tartozó oszlopok jönnek).

Sorok módosítása

Ha a táblázatnak még nincsenek tartalmas sorai, csak fejléce, akkor fel kell venni egy új sort. Sorszáma 1 lesz, az *Él?* oszlopba 1-et kell írni, az *Ős* oszlopba pedig 0-t. A *Súly* oszlopba 1-et kell beírni. A további „tartalmas" oszlopokban minden cellába azt kell írni, hogy „0,5; 0,5" (az 1-hez és a 0-hoz tartozó átmenet súlya), végül a p_i oszlop tartalmát kell módosítani a következőre, ha a p_i-hez tartozó megértési megbízhatóság $e \in [0; 1]$, akkor a neki megfelelő súly: $s \in [0,5; 1]$, $s = (e+1)/2$ „*s; 1-s*". Ezek a tartalmak biztosítják az automaták generálásánál a valószínűségi értelmezésnek való megfelelést.

Ha a táblázatnak vannak tartalmas sorai, akkor közülük az élőket kell lemásolni és új sorként beszúrni a táblázat alján. Sorszámuk eggyel nagyobb kell, hogy legyen, mint a fölöttük lévő sor sorszáma. Élőnek kell megjelölni őket, őseik pedig azok a sorok lesznek, amelyeknek a másolatai. Az őseiket nem élőnek kell megjelölni. (Így tudjuk nyomon követni a dialógus történetét.) Az így kapott táblázatban már csak az élő sorokat módosítjuk. Ha bennük p_i oszlopában még nincs adat, akkor a sor összes új, üres celláját kitöltjük „0,5; 0,5"-tel.

Szeretnénk, hogy a megértési megbízhatóság megjelenjen a táblázatban. Ezért alapvetően a következő módosítást szeretnénk elvégezni a p_i-hez tartozó cellában: ha a p_i oszlopban „*x; y*" szerepel és p_i elemzési megbízhatósága e, akkor a cella tartalma a következő értékpár lesz az $s = (e+1)/2$ súllyal számolva: „*max(x, s); min(y, 1-s)*". Ez a módosítás az esetek többségében megfelelő, mert kezeli az atomi formulák és tagadásuk súlyának összhangját, továbbá a biztosabban értett állítást veszi figyelembe a kevésbé biztosan értett helyett. Egy valamit nem tükröz jól, az ellentmondásosságot. Ezt pedig úgy lehet figyelembe venni, ha *max(x, s)* helyett 0-t írunk abban az esetben, ha $x = 0$. Vagyis ha egy atomi formuláról egyszer már kiderítettük, hogy hamis, akkor később nem lehet igazra módosítani egyszerűen a tagadásának állításával (szükség van ilyenkor annak a jelzésére is, hogy a korábbi állítást visszavonjuk).

Így előfordulhat, hogy egy élő sorban lesz olyan cella, amiben a „0; 0" értékpár szerepel. Ez azt jelenti, hogy a táblázathoz tartozó automatának ez az ága több darabra bomlik, lesz egy elérhetetlen darabja. Ez az ágnak az ellentmondásosságát mutatja, aminek a későbbi műveletek végzésekor vagy a táblázat egészének kiértékeléskor van csak jelentősége.

Észrevehetjük, hogy az ellentmondásosság hatására már nem fog teljesülni, hogy a lehetséges útvonalak valószínűségeinek az összege 1 legyen. Ellentmondás (vagy valószínű ellentmondás) esetén a súlyok alapján kiszámított összesített valószínűség kisebb 1-nél. Ez azt is mutatja, hogy a dialógusban elhangzott információk elrugaszkodtak a valóságtól: a téves információk visszavonásával lehet visszaállítani az egyensúlyt.

4.3.2. Konjunktív formula ($A \wedge B$) hatása a táblázatra

Először *A*-t alkalmazzuk, majd *B*-t.

4.3.3. Diszjunktív formula ($A \vee B$) hatása a táblázatra

Oszlopok módosítása

Ha *A*-ban és *B*-ben a legnagyobb indexű atomi formula p_i, és a táblázatban még nincs ennek megfelelő oszlop, akkor kibővítjük, hogy p_i-ig tartalmazzon oszlopokat.

Sorok módosítása

Először készítünk egy másolatot a táblázatról, majd az eredeti táblázaton végrehajtjuk azokat a módosításokat, amelyeket az *A* (elemi vagy komplex) formula hatására kell elvégezni, a másolaton pedig azokat, amelyeket a *B* formula hatására végeznénk el. Végül a másolattáblázatból azokat a sorokat, amelyek nem elemei az eredeti táblázatnak (az *A* formula feldolgozása előtti állapotban), visszamásoljuk az eredeti táblázat meglévő sorai alá úgy, hogy a sorszámok folyamatosak legyenek, és az *Ős* oszlop elemei is a megfelelő értéket vegyék fel.

A táblázat *Súly* oszlopával is kell foglalkozni. Ebben vannak az automatának a kiinduló állapotából induló élek súlyai. Úgy tudjuk garantálni a megfelelő valószínűségi értékeket, ha a közös közvetlen ősű (az *Ős* oszlopban ugyanaz szerepel) új élő sorok súlyát a közös ős súlyából számoljuk ki: elosztjuk annyi részre, ahány „utóda” lett, ezt az értéket írjuk az utódok *Súly* oszlopának cellájába.

Nem definiáltam külön operátort az alternatíva relációnak, csak a példa automatáknál említettem, de annál az lenne a különbség a diszjunkcióhoz képest, hogy az ős súlyértékét nem egyenletesen kéne elosztani a közvetlen utódok között.

4.3.4. Tagadott atomi formula ($\neg p_i$) hatása a táblázatra

A tagadás hatása a táblázatra nem kézenfekvő. Felmerülhet az emberben, hogy csak a súlyokat kell felcserélni, vagy más hasonlóan egyszerű műveletekkel célt érhetünk, de ha megnézzük a negációval kapcsolatos automatákat a modellhalmazokat felismerő automatákról szóló fejezetben, akkor nyilvánvaló, hogy ez ennél bonyolultabb. Ezért a tagadás hatását formulatípusonként mutatom be, hogy mindig az elvárásoknak megfelelő eredményt kapjunk.

Tagadott atomi formulák esetében nagyon hasonlóan járunk el, mint a tagadás nélküli esetben. Különbség a p_i oszlopában szereplő érték módosításában van. Ha a $\neg p_i$ formula elemzési megbízhatósága (nem a p_i formula elemzési megbízhatósága!) e, és a p_i-hez tartozó cella tartalma „$x; y$”, akkor a cella új tartalma a következő lesz, $s = (e+1)/2$: „$min(x, 1\text{-}s); max(y, s)$”, ami új sor, eredeti „0,5; 0,5” tartalom esetén „$1\text{-}s; s$”. Ha $x = 0$, vagy $y = 0$, akkor a 0 értéket nem módosítjuk. Azt hiszem, ez nem szorul különösebb magyarázatra. Egyszerűen csak p_i tagadásáról van szó, tehát éppen a másik igazságértékről, mint p_i esetében.

4.3.5. Duplán tagadott formula ($\neg\neg$A) *hatása a táblázatra*

A dupla negációt elhagyjuk, *A* hatását vizsgáljuk tovább.

Atomi formula tagadása esetén könnyű belátni, hogy ezt megtehetjük. A példaként megadott automaták is mutatják, de a tagadott konjunktív és diszjunktív formulák definíciói is azt mutatják, hogy ez minden esetben megtehető.

4.3.6. Tagadott konjunktív formula ($\neg$(A $\wedge$ B)) *hatása a táblázatra*

Atomi formulák esetén a példa automatáknál már bemutattam, hogyan néz ki egy tagadott konjunktív formulának megfelelő automata. Egy *de Morgan-*

azonosságot fedezhetünk fel. Összetett formuláknál is ugyanígy járunk el, ugyanazokat az átalakításokat végezzük el, mintha a ($\neg A \vee \neg B$) formula hatását vizsgálnánk.

4.3.7. Tagadott diszjunktív formulák ($\neg$(A$\vee$B)) *hatása a táblázatra*

Itt is egy *de Morgan*-azonosságot fedezhetünk fel, ugyanúgy alakítjuk a táblázatot, mintha a következő formula hatását vizsgálnánk: ($\neg A \wedge \neg B$). Ezzel végeztünk is a formulák áttekintésével.

4.4. Algoritmus automaták generálására a táblázatok alapján

Mivel célunk az, hogy automatákat használjunk, meg kell adni az algoritmust, amely a táblázatoknak megfelelő automatákat meghatározza. Ez a következő:

Teendők

- A táblázatnak csak az „élő” soraival foglalkozunk.
- Vegyünk fel egy kezdőállapotot.
- A táblázat élő sorainak minden (nem adminisztratív oszlopában lévő és nem is az „S” oszlopban szereplő) cellájához vegyünk fel egy automataállapotot (ha címkézni is szeretnénk, akkor a címkét képezhetjük az oszlop fejlécének és a sor számának összefűzéséből – például p_{2_3}).
- A táblázat minden élő sorához vegyünk fel egy elfogadó állapotot (címkéje lehet A_n, ahol n a sor száma).
- A kiinduló állapotból vigyen olvasás nélküli átmenet minden élő sor első cellájának megfelelő állapothoz úgy, hogy az átmenet súlya legyen az az érték, ami a táblázat megfelelő sorában, a *Súly* oszlopban található.
- A táblázat élő soraiban lévő celláknak megfelelő állapotokból vigyen két átmenet a tőlük eggyel jobbra lévő cellához tartozó állapothoz, mégpedig úgy hogy az egyik átmenet az „1” karaktert olvassa, súlya pedig a cellában lévő értékpár első eleme, a másik pedig a „0” karaktert olvassa és a súlya az értékpár második eleme legyen.
- Az elfogadó állapotokból vezessen átmenet önmagukba 0-t vagy 1-et olvasva is 0,5 és 0,5 súllyal.

Ezzel kész is a táblázatnak megfelelő automata.

5. Központi szemantikai fogalmak

A rendszer logikai tulajdonságainak megértéséhez néhány alapvető fogalmat kell definiálni. A szükséges definíciók a következők (az eddigiekhez hasonlóan inkább szabadszavas definíciók következnek, mint formulák):

5.1. Összeférhetőség

Egy σ információs állapot akkor és csak akkor fér össze az *A* formulával, ha a formulát alkalmazva az információs állapotra olyan automatát kapunk, amelyben a kezdőállapotból legalább egy elfogadó állapotba el lehet jutni átmenetek sorozatán keresztül (a 0 súlyú élek nem számítanak átmenetnek). Mértéket is meghatározhatunk az összeférhetőségnek: az eredményül kapott automata (kezdőállapotból egy elfogadó állapotba vezető) útjainak súlyait összeadjuk (út súlya: élei súlyainak szorzata).

5.2. Összeférhetetlenség

Az összeférhetőség ellentéte; vagyis egy σ információs állapot akkor és csak akkor összeférhetetlen az *A* formulával, ha a formulát alkalmazva az információs állapotra olyan automatát kapunk, amelyben a kezdőállapotból egyetlen elfogadó állapotba sem lehet eljutni átmenetek sorozatán keresztül (a 0 súlyú élek itt sem számítanak átmenetnek). Tekinthetjük úgy is, hogy az összeférhetetlenség a 0 mértékű összeférhetőség.

5.3. Alátámasztás

A σ információs állapot akkor és csak akkor támasztja alá az *A* formulát, ha a σ-hoz tartozó automata ugyanazokat a modelleket (modellkódokat) fogadja el, mint az az automata, amely ahhoz az információs állapothoz tartozik, melyet úgy kapunk, hogy *A*-t alkalmazzuk σ-ra.[7] (Az alátámasztás intuitívan azt jelenti, hogy *A* nem ad új információt σ-hoz, mert az *A* formula információtartalmát σ már magában hordozza.)

A súlyok miatt lehet különbség az egyes modellkódok valószínűségei között. Így az alátámasztáshoz is lehet mértéket rendelni. Minél kisebb a különbség az eredeti és az *A*-val módosított információs állapot között, annál jobban támasztja alá. Ha összeadom az egyes modellkódok valószínűségeinek különbségét, megkapom az eltérés mértékét.

---

[7] A későbbiekben jobb lenne úgy meghatározni, hogy csak az érintett információs állapotok akár táblázatos, akár automatás ábrázolásainak formai tulajdonságait vegye figyelembe.

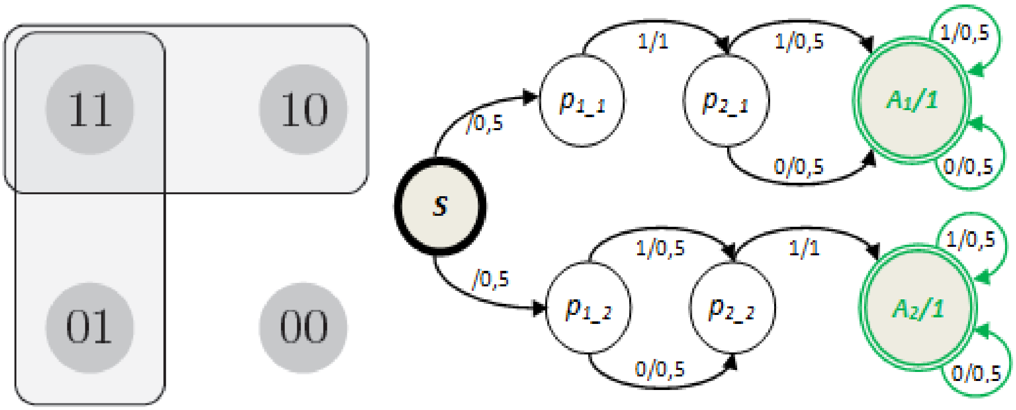
5.4. Következmény

Az A_1, A_2, …, A_n formuláknak akkor és csak akkor következménye a B formula, ha minden σ információs állapotra igaz, hogy ha σ-ra alkalmazzuk A_1-et, majd ennek eredményére A_2-t, és így tovább A_n-ig sorban, az eredményül kapott információs állapot alátámasztja B-t. Mivel a következményreláció az alátámasztásra épít, annak a mértékét fel lehet használni a következményreláció mértékének definiálására. (Ugyanazt az összeget használjuk, csak itt most nem egy formula, hanem egy formulasorozat hatását kell vizsgálni.)

6. Kitekintés

6.1. Inquisitive semantics[8]

A bizonytalanságot nem kezelő megközelítést leíró cikkben (Dyekiss 2012: 24–26) már vázoltam az elméletnek az *inquisitive semantics* elmélettel való alapvető rokonságát. Erre itt is kitérek, de csak a súlyozásból fakadó elemekre hívom fel a figyelmet.



11. ábra: ($p_1 \vee p_2$) ábrázolása *inquisitive semantics* és a súlyozott automatás megközelítés alapján

Nézzük a 11. ábrát. Az inquisitive semantics két alternatívája átfedi egymást. Mindkettőnek eleme az „11” értékelés, ami ezáltal kiemelt helyzetbe kerül, bármelyik alternatíva megtartásával az „11” értékelést is megtartjuk. Ezzel összecsengenek a súlyozott automatás megközelítésben szereplő valószínűségi értékek: az „11” modellkód valószínűsége 0,5, míg az „10” és „01” valószínűsége egyenként 0,25.

El lehet gondolkodni azon, hogy ez a fajta kiemelés jogos-e. Ha logikai szempontból nézem, akkor jogosnak tűnik, mert az „11” teljesíti legszebben

[8] Az *inquisitive semantics* alapjairól Groenedijk–Roelofsen (2009)-ben lehet olvasni. További olvasmányok elérhetők a következő honlapon [http://sites.google.com/site/inquisitivesemantics/]

($p_1 \lor p_2$) igazságfeltételeit. Ha viszont természetes nyelvi szempontból tekintem, akkor ennek ellentmond az intuícióm, mert egy ($p_1 \lor p_2$) formájú kijelentés számomra inkább azt sugallja, hogy csak az egyik igaz, az együttes teljesülésük kisebb valószínűségű ezeknél.

A súlyok további előnye, hogy lehetőséget ad automatikus választásra az alternatívák közül, valószínűségi alapon, kérdések és válaszok nélkül is. Érdemes a legvalószínűbb alternatívát választani (azt az ágat, amelyben az elfogadható modellkódok valószínűségeinek összege a legnagyobb). Sőt, lehetőségünk van pontosabb választásra is: kiválaszthatjuk a legvalószínűbb modellkódot, ami a legvalószínűbb lehetséges értékelést adja meg.

6.2. A hit-felülvizsgálati elméletek

Hasonlóan az *inquisitive semantics* témájához, a bizonytalanságot nem kezelő megközelítést leíró cikkben szintén vázoltam az elméletnek a *belief revision*[9] elméletekkel való alapvető rokonságát. Most kiemelem, hogy a súlyozás ehhez képest milyen előnyökkel járhat.

Ha több formula is szóba jöhet, mint visszavonandó, több lehetőségünk adódik. Egyrészt ha a beszélő elérhető, megkérdezhetjük az álláspontját a visszavonandó állításokról, hogy igaznak tartja-e őket. Amelyiket nem tartja igaznak, visszavonhatjuk. De bizonyos helyzetekben nincs lehetőségünk interakcióra. Ilyenkor a megbízhatósági értékek segíthetnek a döntésben, amennyiben különböznek. A kevésbé megbízható formulát kell visszavonni.

Összefoglalás

Jelen cikkemben egy olyan, kijelentéslogikára alapuló dinamikus szemantikai elméletet vázoltam, melyben az információs állapotokat véges táblázatokkal, illetve ezek segítségével egyértelműen meghatározható véges állapotú súlyozott automatákkal ábrázolom. Bemutattam, hogy a súlyozás, ami a formulák megértésének és a beszélők megbízhatóságának értékelésén alapul, hogyan segítheti döntéseinket a dialógus értelmezésében olyan helyzetekben, amikor nincs lehetőség a beszélővel való interakcióra.

Definiáltam, hogy az egyes formulatípusok hogyan alakítják az információs állapotokat. Központi szemantikai fogalmakat is definiáltam.

Kitekintést adtam az ismertetett elméletnek számomra fontosnak tartott szemantikai elméletekkel (*inquisitive semantics*, *belief revision*) való kapcsolatára, ezen belül is a súlyozásból adódó lehetőségeket emeltem ki.

[9] *Belief revision* témában alapvető mű: Alchourrón–Gärdenfors–Makinson (1985).

Természetesen az itt ismertetett rendszer további fejlesztési lehetőségeket rejt magában. Egyrészt minden részletre kiterjedően egzakt módon, formálisan is kellene definiálni (valószínűségekkel számolva, tagadott formuláknál bemutatva), méghozzá a kérdések-válaszok, valamint az ellentmondások és a visszavonás szemantikájával együtt.

Amire ebben a cikkben egyáltalán nem is tudtam utalni, az a kijelentéslogikairól a predikátumlogikai keretre való áttérés. Ez lenne egy dinamikus szemantikai elmélet számára az igazán nagy jelentőségű lépés, hiszen a dinamikus szemantikák legnagyobb előnyei ebben a környezetben jelennek meg.

Hivatkozások

Alchourrón, Carlos Eduardo – Gärdenfors, Peter – Makinson, David 1985. On the logic of theory change: Partial meet contraction and revision functions. *Journal of Symbolic Logic* **50**: 510–530.

Babcsányi István 2007. Automaták, nyelvek, kódok. Budapest, BME Matematika Intézet, Algebra Tanszék *http://www.math.bme.hu/~babcs/Automatak.html*

Bach Iván 2001. *Formális nyelvek*. Budapest, TypoTex *http://mek.oszk.hu/05000/05099/*

Dyekiss Emil Gergely 2010. Ellentmondások kiküszöbölése a diskurzusból kérdések segítségével. In Gécseg Zsuzsanna (szerk.) *LingDok 9. Nyelvész-doktoranduszok dolgozatai*. Szeged, JATEPress, 9–32. [http://nydi.bibl.u-szeged.hu/SZTE_NYDI/LingDok_kotetek_files/lingdok9.pdf]

Dyekiss Emil Gergely 2012. Információs állapotok ábrázolása véges állapotú automatákkal. In Gécseg Zsuzsanna (szerk.) *LingDok 11. Nyelvészdoktoranduszok dolgozatai*. Szeged, JATEPress, 9–29. [http://nydi.bibl.u-szeged.hu/SZTE_NYDI/LingDok_kotetek_files/LingDok11.pdf]

Eilenberg, Samuel 1974. *Automata, Languages, and Machines*. New York and London, Academic Press.

Groenendijk, Jeroen – Roelofsen, Floris 2009. Inquisitive Semantics and Pragmatics. In *Proceedings of the International Workshop on Semantics, Pragmatics and Rhetorics*, [http://sites.google.com/site/inquisitivesemantics/documents/ISP-Stanford-edition.pdf?attredirects=0]

Hanneforth, Thomas 2011. *Finite-state Machines: Theory and Applications. Weighted Finite-state Automata.* Handout. Institut für Linguistik; Universität Potsdam; July 2, 2011. [http://tagh.de/tom/wp-content/uploads/FSM_WeightedAutomata2.pdf]

Kálmán László – Rádai Gábor 2001. *Dinamikus szemantika*. Budapest, Osiris kiadó.

Ruzsa Imre 1988. *Logikai szintaxis és szemantika*. Budapest, Akadémiai kiadó.